

**PENGARUH KUAT ARUS PADA LAS BUSUR
LISTRIK ELEKTRODA TERBUNGKUS
TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK DAN
STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON RENDAH**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana S-1**

Oleh :

EDDY YUSRIADIN
NIM. : 06.813.0026



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2009**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

PENGARUH KUAT ARUS PADA LAS BUSUR LISTRIK ELEKTRODA TERBUNGKUS TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON RENDAH

TUGAS AKHIR

Oleh :

EDDY YUSRIADIN
NIM. 06.813.0026

Disetujui :

Dosen Pembimbing I



(Ir. Husin Ibrahim, MT)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Amru Siregar, MT)

Mengetahui :



Pelaksana Dekan
(Ir. Haniya, MT)



Ka. Program Studi
(Ir. Amru Siregar, MT)

Tanggal Lulus : 14 Oktober 2009

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)28/8/23

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmad dan karunianya, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini diberi judul **“Pengaruh Kuat Arus Pada Las Busur Listrik Elektroda Terbungkus Terhadap Perubahan Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah”**.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat pada jenjang Strata-1 guna memperoleh Gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dalam penulisan Tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik kritik maupun saran yang semuanya sangat membantu dalam penyelesaiannya. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih, antara lain kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H.A.Ya'kub Matondang, MA. Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Drs. Dadan Ramdan, M.Eng.MSc, Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Amru Siregar, MT. Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area, sekaligus pembimbing II dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Husin Ibrahim, MT. selaku Pembimbing I yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing hingga terselesainya Tugas Akhir ini.

5. Bapak/Ibu dosen pengajar, dan seluruh staf Fakultas Teknik yang telah meluangkan waktunya untuk penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Keluargaku tercinta, Mama-Papa dan kakak-Abangku tersayang atas doa, dukungan dan kasih sayangnya dalam setiap langkahku.
7. Kepada Bapak Bachtiar Effendi ST. Kepala Laboratorium Material Test Pendidikan Teknologi Kimia Industri Medan, yang telah meluangkan waktu untuk membimbing selama penelitian.
8. Rekan-rekan Mahasiswa jurusan Teknik Mesin.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu terlaksananya penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis telah berusaha dengan maksimal sehingga terselesainya Tugas Akhir ini, mungkin masih belum sesuai dengan yang diharapkan karena keterbatasan data dan pengalaman sehingga itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Medan, April 2009

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN i

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR TABEL viii

DAFTAR GAMBAR x

ABSTRAK xiii

BAB I. PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Perumusan Masalah 2

1.3. Batasan Masalah 2

1.4. Tujuan Penelitian 3

1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB II. LANDASAN TEORI 4

2.1. Baja Karbon 4

2.1.1. Baja Karbon Rendah 4

2.1.2. Baja Karbon Sedang 6

2.1.3. Baja Karbon Tinggi 6

2.2. Diagram Besi dan Karbon 6

2.3. Prinsip-Prinsip Pengelasan 9

2.3.1. Pengertian Umum Las 10

2.3.2. Klasifikasi Pengelasan 10

2.3.2.1. Las Busur Listrik 11

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penerbitan karya ilmiah

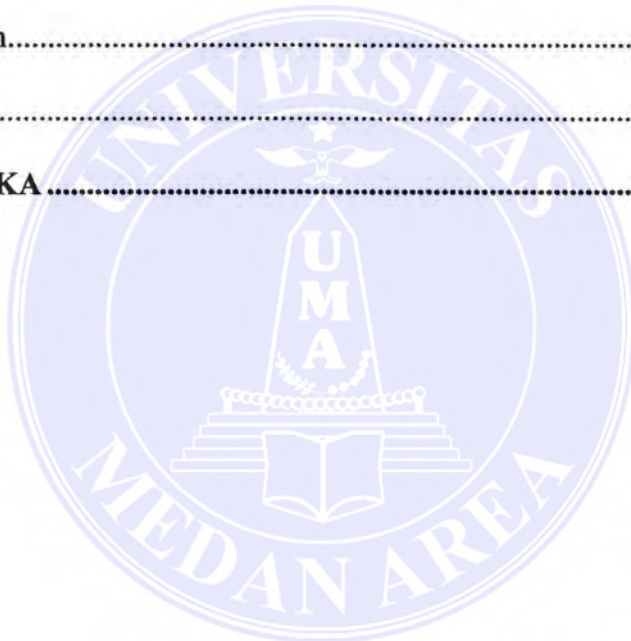
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/8/23

2.3.2.2. Las Oksi Acetelin	12
2.3.2.3. Las Busur Tungsten Gas Mulia (Gas Tungsten Arc Welding/WTAW)	14
2.3.2.4. Las Busur Logam Gas (Gas Metal Arc Welding/GMAW)..	15
2.3.2.5. Las Busur Elektroda Terbungkus /SMAW	16
2.3.2.5.1. Pengertian SMAW	16
2.3.2.5.2. Keuntungan Las SMAW	17
2.4. Klasifikasi Elektroda Menurut AWS (American Welding Society)	17
2.5. Jenis – Jenis Elektroda dan Fungsinya	21
2.5.1. Elektroda Berselaput	21
2.5.2. Elektroda Baja Lunak	21
2.5.3. E 6010 dan E 6011	22
2.5.4. E 6012 dan E 6013	22
2.5.5. E 6020	22
2.5.6. Elektroda Dengan Selaput Serbuk Besi	23
2.5.7. Elektroda Hidrogen Rendah	23
2.5.8. Elektroda Untuk Besi Tuang	23
2.5.8.1. Elektroda Nikel	24
2.5.8.2. Elektroda Baja	24
2.5.8.3. Elektroda Perunggu	24
2.5.8.4. Elektroda dengan Hidrogen Rendah	24
2.5.9. Elektroda Untuk Alumunium	25
2.5.10. Elektroda Untuk Pelapis Keras	25
2.5.10.1. Elektroda Tahan Pukulan	26

2.5.10.2. Elektroda Tahan Keausan.....	26
2.6. Fluks	26
2.7. Prinsip Pengoperasian Pengelasan	27
2.8. Parameter Las	28
2.8.1. Tegangan Busur Las	28
2.8.2. Besar Arus Pengelasan	28
2.8.3. Kecepatan Pengelasan	32
2.9. Pengujian Logam	32
2.9.1. Uji Kekuatan Tarik (Tensile Test)	32
2.9.1.1. Percobaan Elastis (Elastic Deformation).....	34
2.9.1.2. Percobaan Plastik (Plastic Deformation).....	34
2.9.1.3. Penyusutan Luas Penampang (%)	35
2.9.2. Uji Kekerasan (Hardness Test)	36
2.9.2.1. Scrath Hardness Test (Percobaan Testa Gores)	36
2.9.2.2. Ball Indention (Kekerasan Brinell)	37
2.9.2.3. Rockwell Hardness (Kekerasan Rockwel).....	39
2.9.2.4. Vickers Hardness (Kekerasan Vickers).....	41
2.9.2.5. Micro Vickers Hardnes	42
2.9.3. Struktur Mikro.....	43
BAB III. METODE PENELITIAN	46
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	46
3.1.1. Waktu	46
3.1.2. Tempat Pelaksanaan	46
3.2. Bahan dan Peralatan	46

3.2.1. Bahan	46
3.2.2. Peralatan	46
3.3. Prosedur Penelitian.....	50
BAB IV. ANALISIS DATA	53
4.1. Pengujian Tarik	53
4.2. Pengujian Kekerasan Vickers	57
4.3. Pengujian Struktur Mikro.....	67
BAB V. PENUTUP	73
5.1. Kesimpulan.....	73
5.2. Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Klasifikasi Karbon Baja	4
Tabel 2.2.	Pengelompokan Baja Konstruksi dan Sifatnya	5
Tabel 2.3.	Macam-Macam Fungsi Bahan Fluks	27
Tabel 2.4.	Ukuran Kabel Las	29
Tabel 2.5.	Besar Arus dan Diameter Elektroda	30
Tabel 2.6.	Skala Kekerasan Rockwell	40
Tabel 4.1.	Data hasil penelitian Uji Tarik Logam Induk	54
Tabel 4.2.	Data hasil penelitian Uji Tarik Logam Lasan dengan Kuat Arus 90A	54
Tabel 4.3.	Data hasil penelitian Uji Tarik Logam Lasan dengan Kuat Arus 110A	55
Tabel 4.4.	Data hasil penelitian Uji Tarik Logam Lasan dengan Kuat Arus 130A	55
Tabel 4.5.	Data Hasil Pengujian Tarik	56
Tabel 4.6.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Logam Induk	60
Tabel 4.7.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Logam Lasan dengan Kuat Arus 90 Ah	61
Tabel 4.8.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Logam Lasan dengan Kuat Arus 110 Ah	61
Tabel 4.9.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Logam Lasan dengan Kuat Arus 130 Ah	61
Tabel 4.10.	Data Hasil Perhitungan Kekerasan Vickers Pada Logam Induk	62
Tabel 4.11.	Data Hasil Perhitungan Kekerasan Vickers Untuk Logam Lasan	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/8/23

dengan Kuat Arus 90 Ah	62
Tabel 4.12. Data Hasil Perhitungan Kekerasan Vickers Untuk Logam Lasan dengan Kuat Arus 110 Ah	64
Tabel 4.13. Data Hasil Perhitungan Kekerasan Vickers Untuk Logam Lasan dengan Kuat Arus 130 Ah	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram keseimbangan besi karbon.....	8
Gambar 2.2. Kalsifikasi pengelasan	11
Gambar 2.3. Pemindahan Logam cair	12
Gambar 2.4. Welding Torch	12
Gambar 2.5. Nyala Netral.....	13
Gambar 2.6. Nyala Karburasi.....	13
Gambar 2.7. Nyala Oksidasi lebih.....	14
Gambar 2.8. Skema las busur Tungsten	14
Gambar 2.9. Skema las busur logam gas	15
Gambar 2.10. Peralatan Konstruksi las SMAW	16
Gambar 2.11. Elektroda Las	19
Gambar 2.12. Bentuk rigi-rigi las.....	31
Gambar 2.13. Universal Testing Mechine.....	33
Gambar 2.14. Kurva Stress vs Strain.....	36
Gambar 2.15. Percobaan testa gores.....	37
Gambar 2.16. Kekerasan Brinell	37
Gambar 2.17. Percobaan dengan diamont kerucut.....	40
Gambar 2.18. Herdness Vickers.....	42
Gambar 2.19. Indentasi dari penetrator	42
Gambar 2.20. Larutan poles Alumina	43

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/8/23

Gambar 2.21. Bentuk Struktur Mikro.....	44
Gambar 2.22. Mikro struktur berdasarkan perbedaan komposisi	45
Gambar 3.1. Mesin las Nanton Sanjiu Welding Mechine.....	47
Gambar 3.2. Mesin bubut Konvensional.....	47
Gambar 3.3. Mesin Frais	48
Gambar 3.4. Mesin uji kekerasan Vickers	48
Gambar 3.5. Mesin uji tarik HT – 9502	49
Gambar 3.6. Mikroskop Optik.....	49
Gambar 3.7. Mesin gerinda putar / polishing.....	50
Gambar 3.8 Diagram alir penelitian.....	50
Gambar 3.9. Spesimen uji tarik.....	52
Gambar 3.10. Spesimen uji kekerasan dan struktur mikro	52
Gambar 4.1. Histogram tegangan tarik baja karbon rendah terhadap pengaruh pengelasan.....	57
Gambar 4.2. Spesimen uji kekerasan	59
Gambar 4.3. Diagram hasil perhitungan nilai kekerasan vickers dengan kuat arus 90 Ah.	63
Gambar 4.4. Diagram hasil perhitungan nilai kekeraan vickers dengan kuat arus 110 Ah	64
Gambar 4.5. Diagram hasil perhitungan nilai kekeraan vickers dengan kuat arus 130 Ah	65

Gambar 4.6. Grafik hubungan antara Nilai kekerasan dengan arus pengelasan..... 66

Gambar 4.7. Struktur mikro benda kerja..... 71



ABSTACT

All metal consist from small particles which mean cristal or particles. Cristal structure of a pure metal, will formed around the nucleus if metal begin freezy from flid become solid. The free atom of a metal has contract become a regular model or lathe room. Baccuse color was aktraction from the fluid metal. The cristals grow to the out direction from each nucleus (dendritic growth) until the limit formed of particles provided that. The hot metal chily was execute at decide of uniform, particles must consist from size and model which uniform.

In the working, metal can work with cold working ang hot working. In cold working, for example pressing, rolling, pulling or crocking, therefore the cristal stucture changed and the particles more length in the working. Where as, the hot working happened on recrystalitation temperature of metal, so that recrystalitation happen at the time of deformation, thats why, work cannot happen.

Welding is one of a kind hot working. Welding is extention process two metal or more which using warm energy. A metal or fusion will exceed the stucture micro canges if the bigger temperature changes happened, which one this structure micro canges will follow by mecanic trait canges at those metal. Because the calor or warm which accepted by weld metal. So the metal around the welding area will happen the bigget temperature gradient.

The target or direction from this research is to knowing the basic welding problem are welding strength extension which happen at the low carbon steel with doing some test, were covered the oral result pull examination strength test and hot effect. Which effect by welder were effect at the stucture micro, to prevent the fail and about extension which made from the available technology.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)28/8/23

ABSTRAK

Semua logam terdiri dari partikel-partikel kecil yang disebut kristal atau butir-butir. Struktur kristal suatu logam murni mulai terbentuk sekitar intinya apabila logam mulai membeku dari keadaan cair menjadi padat. Atom-atom bebas dari suatu logam disusun menjadi suatu pola yang beraturan atau latis ruang. Karena kalor diekstraksikan dari logam cair, kristal-kristalnya tumbuh kearah luar dari masing-masing inti (pertumbuhan dendritik) sampai membentuk batas-batas dari butir-butir. Asalkan pendinginan logam panas dilaksanakan pada ketepatan tetap yang seragam, butir-butir haruslah terdiri dari suatu ukuran dan bentuk yang seragam.

Dalam pengerjaanya, logam dapat dilakukan dengan pengerjaan dingin (cold working) dan pengerjaan panas (hot working). Dalam pengerjaan dingin, misalnya dipres, dirol, ditarik atau dibengkokkan, maka struktur kristalnya diubah dan butir-butir bertambah panjang dalam arah pengerjaan. Sedangkan pengerjaan panasberlangsung diatas temperatur rekristalisasi dari logam, sehingga rekristalisasi berlangsung pada waktu yang bersamaan dengan deformasi, dan oleh karena itu, pengerasan kerja tidak dapat terjadi.

Pengelasan merupakan salah satu jenis pengerjaan panas. Pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Suatu logam ataupun paduan akan mengalami perubahan struktur mikro bila mengalami perubahan suhu yang sangat besar, yang mana perubahan struktur mikro ini akan diikuti pula oleh perubahan sifat-sifat mekanik pada logam tersebut. Akibat adanya kalor atau panas yang diterima oleh

logam yang dilas, maka logam disekitar daerah pengelasan akan mengalami gradient suhu yang sangat besar.

Sasaran atau tujuan dari Penelitian ini adalah untuk mengetahui permasalahan pengelasan yang paling mendasar yaitu kekuatan sambungan las yang terjadi pada baja karbon rendah dengan melakukan beberapa pengujian yang meliputi uji tarik hasil lasan, uji kekerasan dan pengaruh panas yang diakibatkan oleh pengelasan yang berakibat pada perubahan struktur mikro, untuk menghindari adanya kegagalan dan mengenai sambungan yang diciptakan melalui teknologi yang tersedia.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada saat sekarang ini, penyambungan logam dengan sistem pengelasan semakin banyak digunakan, baik dipakai pada konstruksi bangunan maupun konstruksi mesin. Hal ini disebabkan oleh banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh dari sambungan las. Luasnya penggunaan proses penyambungan dengan pengelasan disebabkan oleh biaya murah, pelaksanaan relatif lebih cepat, lebih ringan, dan bentuk konstruksi lebih variatif. Namun demikian disamping keuntungan harus diakui bahwa sambungan las juga memiliki kelemahan, diantaranya adalah: timbulnya lonjakan tegangan yang besar yang disebabkan oleh perubahan struktur mikro pada daerah sekitar las yang menyebabkan turunya kekuatan bahan yang diikuti oleh perubahan sifat mekanik lainnya pada logam.

Besi dan baja mempunyai kandungan unsur utama yang sama yaitu Fe, hanya kadar karbon lah yang membedakan besi dan baja, penggunaan besi dan baja dewasa ini sangat luas mulai dari peralatan yang sepele seperti jarum, peniti sampai dengan alat – alat dan mesin berat.

Pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Suatu logam ataupun paduan akan mengalami perubahan struktur mikro bila mengalami perubahan suhu yang sangat besar, yang mana perubahan struktur mikro ini akan diikuti pula oleh perubahan sifat-sifat mekanik pada logam tersebut. Demikian halnya dengan pengelasan, akibat adanya kalor atau panas yang diterima oleh logam yang

dilas, maka logam disekitar daerah pengelasan akan mengalami gradien suhu yang sangat besar. Bentuk struktur mikro pada akhir pengelasan tergantung pada temperatur tertinggi yang dicapai pada waktu pengelasan dan kecepatan pendinginan yang dialami oleh logam tersebut.

Pengelasan yang dilakukan las busur arus (AC) dan panas yang diperoleh dari busur listrik yang dibangkitkan oleh elektroda dengan logam yang dilas. Besar masukan pada panas logam yang mengalami proses pengelasan ditentukan oleh ; (1). Kuat arus, (2). Tegangan Listrik, (3). Kecepatan pengelasan.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diungkapkan diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini ialah:

1. Bagaimana pengaruh perbedaan kuat arus pengelasan terhadap Kekuatan tarik yang terjadi pada baja karbon rendah?
2. Bagaimana pengaruh perbedaan kuat arus pengelasan terhadap Kekerasan yang terjadi pada baja karbon rendah?
3. Bagaimana Struktur mikro baja karbon rendah setelah mengalami pengelasan?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah yaitu pada proses pengujian kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikro terhadap baja karbon rendah yang mengalami proses pengelasan dengan menggunakan las busur

listrik elektroda terbungkus jenis E-6014, berdiameter 2.5 mm, pada variasi kuat arus 90 A, 110 A, dan 130 A. dengan demikian akan didapat hubungan antara besarnya masukan panas pada logam yang mengalami pengelasan yang diakibatkan oleh variasi kuat arus yang digunakan dengan sifat-sifat mekanis dari produk lasan.



1.4. Tujuan Penelitian

1. Melihat pengaruh kuat arus pengelasan terhadap perubahan sifat-sifat mekanik baja karbon rendah.
2. Mengetahui perubahan struktur mikro baja karbon rendah berdasarkan variasi kuat arus pengelasan.
3. Menentukan pengaruh kuat arus terhadap lebar pengelasan berdasarkan variabel arus yang berbeda untuk pengelasan baja karbon rendah.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai bahan acuan untuk berbagai pihak dalam memilih kuat arus (Ampere) pada pengelasan baja karbon rendah, serta perubahan mekanik dan struktur mikro logam yang terjadi berdasarkan uji kekerasan dan uji kekuatan tarik yang dilakukan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan unsur tambahan Si (Silikon), Mn (Mangan), P (Pospor), S (Sulfur), dan Cu (Tembaga). Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbonnya.

Tabel 2.1. Klasifikasi Baja Karbon

Jenis Karbon		Kadar Karbon (%)	Kekuatan Luluh (Kg/mm ²)	Kekuatan Tarik (Kg/mm ²)	Penggunaan	
Baja Karbon Rendah	↑	Baja Lunak Khusus	0.08	18 – 28	32 – 36	Pelat tipis
		Baja Sangat Lunak	0.08 – 0.12	20 – 29	36 – 42	Batang kawat
		Baja Lunak	0.12 – 0.20	22 – 30	38 – 48	
		Baja Setengah Lunak	0.20 – 0.30	24 – 36	44 – 45	Konstruksi umum
Baja Karbon Sedang	↓	Baja Setengah Keras	0.30 – 0.40	30 – 46	50 – 60	Alat-alat mesin
Baja Karbon Tinggi	↑	Baja Keras	0.40 – 0.50	34 – 46	58 – 70	Perkakas Rel, pegas dan Kawat piano.
	↓	Baja Sangat Keras	0.50 – 0.80	36 - 47	65 - 100	

Sumber: Prinsip-prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan Logam, (Suharno, 2008).

Klasifikasi Baja

2.1.1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah ialah baja dengan kadar karbon antara 0.05 % - 0.30%. Baja karbon rendah yang juga disebut baja lunak banyak sekali

digunakan untuk konstruksi umum, penggolongan baja konstruksi di standarisasi menurut kekuatan tarik. Untuk memudahkan pengenalan pemilihannya ada yang mengelompokkan menurut kekuatannya yang dikenal St 37, St 50, St 60 dan seterusnya. Baja karbon ini dibagi lagi dalam baja kil, semi kil dan baja rim, dimana penamaanya didasarkan persyaratan deoksidasi, cara pembekuan dan distribusi rongga. Klasifikasi menurut tingkat deoksidasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2. Pengelompokan Baja Konstruksi dan Sifatnya.

Sebutan	Kekuatan tarik (Kgf/mm ²)	Regangan (%)	Kadar C (%)	Sifat
St 00	Sampai 50	30 – 26	0.12	Mutu perdagangan tidak dijamin, dapat dilas
St 34	34 – 42	30 – 36	0.12	Dapat disepuh keras, dapat dilas
St 37	37 – 45	26 – 23	0.16	Sama dengan St 34
St 50	50 – 60	22 – 28	0.35	Dapat dikeraskan, dapat ditempa
St 60	60 – 70	17 – 13	0.45	Dapat sangat dikeraskan
St 70	70 – 85	12 - 8	0.55	Dapat ditempa

Sumber: *Prinsip-prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan Logam*, (Suharno, 2008).

Baja karbon rendah mempunyai sifat mampu las yang baik, perpanjangan yang tinggi serta kekuatan yang rendah. Sifat mampu las ialah kemampuan suatu logam yang dikerjakan dengan proses pengelasan untuk menyatu tanpa terjadi cacat, retak, perubahan bentuk dan dapat digunakan baik menurut desain. Maka sifat mampu las ialah : (1). Sifat mampu menyatu las dengan logam induk yang cair pada waktu membeku, (2). Sifat guna pakai hasil sambungan las sesuai dengan desain, dan (3). Sifat logam yang dilas memiliki sifat-sifat mekanik yang lebih baik atau lebih kuat dibandingkan dengan logam induknya.

Untuk baja, presentase unsur karbon (C) akan mempengaruhi mampu las dari baja tersebut. Baja karbon rendah mempunyai kepekaan retak las yang rendah bila dibandingkan dengan baja karbon sedang dan tinggi serta baja paduan. Tetapi retak pada baja ini dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan pelat tebal atau bila baja tersebut terdapat belerang bebas yang cukup tinggi. Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan dan hasilnya lebih baik jika persiapannya sempurna dan memenuhi syarat. Retak las yang terjadi pada pengelasan pelat tebal dapat dihindari dengan pemanasan mula atau dengan menggunakan elektroda Hidrogen Rendah, (Suharno, 2003).

2.1.2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang ialah baja dengan kandungan unsur karbon 0.30% sampai 0.45%. Baja ini mengandung banyak karbon dan unsur lain yang dapat memperkeras baja. Karena itu pengaruh panas atau HAZ pada baja ini mudah menjadi keras bila dibandingkan dengan baja karbon rendah.

2.1.3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi ialah baja dengan kandungan unsur karbon antara 0.45% sampai 1.7%. baja ihni mengandung unsure karbon dan unsure-unsur lain yang hamper sama dengan baja karbon rendah.

2.2. Diagram besi dan karbon

Besi dalam keadaan padat selalu mengandung unsure karbon sehingga besi yang disebut murni hamper tidak ada. Persenyawaan besi dengan karbon

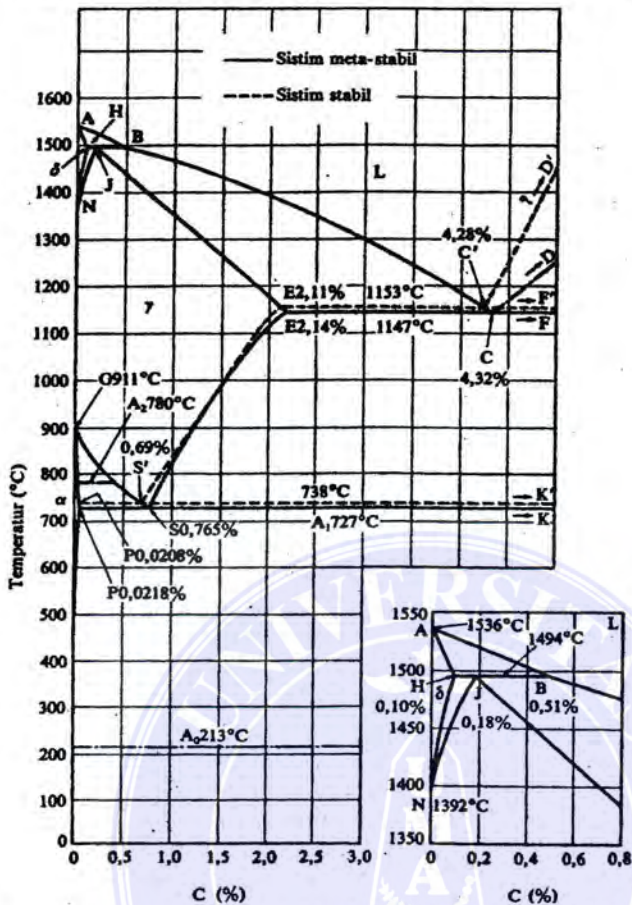
menjadi Fe_3C (*simentit*) pada waktu mesin mencair disebut *carbide* besi. Baja yang mengandung karbon 0.80 % disebut baja *eutectoid*, kurang dari baja eutectoid disebut *hipoeutectoid*, dan lebih dari eutectoid disebut *hipereutectoid*.

Paduan besi dan karbon memperlihatkan berbagai macam fase tergantung dari kadar karbon dan perubahan suhu. Pada kondisi seimbang dengan laju pemanasan dan pendinginan yang relative lambat akan menghasilkan fasa-fasa sesuai dengan perubahan kadar karbon yang dibatasi kurva dan titik sebagai batas perubahan.

Fasa-fasa memperlihatkan struktur besi murni atau ferit. Dengan meningkatnya kadar karbon sampai 0.12% jumlah daerah yang gelap yaitu *perlit* hampir meningkat, sedang daerah putih atau ferit berkurang. Pada kadar karbon 0.79% hamper seluruh struktur terdiri dari *perlit* dengan kadar karbon 1.14% daerah perlit berkurang dan daerah putih pada batas-batas butir adalah sementit dan ferit.

Gambar 1. menunjukan diagram keseimbangan besi – karbon sebagai dasar dari bahan yang berupa besi baja. Selain karbon pada besi dan baja terkandung kira-kira 0.25% -Si, 0.3% - 1.5% Mn dan unsur – unsur pengotor lain seperti P,S, dsb. Karena unsur-unsur ini tidak memberi pengaruh utama pada diagram fasa, maka diagram fasa tersebut dapat dipergunakan tanpa menghiraukan adanya unsur-unsur tersebut.

Gambar 2.1. Diagram keseimbangan besi – karbon



Sumber : Pengetahuan Bahan Teknik, (Tata Surdia & Shinroku Saito, 2005)

A : Titik cair besi

B : Titik pada cairan yang ada hubungannya dengan reaksi peritektik.

H : Larutan padat δ yang ada hubungannya dengan reaksi peritektik.
Kelarutan karbon maksimum adalah 0.10%.

J : Titik peritektik. Selama pendinginan austenit pada komposisi J, fasa γ terbentuk dari larutan padat δ pada komposisi H dan cairan pada komposisi B.

N : Titik transformasi dari besi $\delta \rightleftharpoons$ besi γ , titik transformasi A₄ dari besi murni.

- C :Titik eutektik. Selama pendinginan fasa γ dengan komposisi E dan sementit pada komposisi F (6.67% C) terbentuk dari cairan pada komposisi C. fasa autektik ini disebut ledeburit.
- E :Titik yang menyatakan fasa γ , ada hubungan dengan reaksi eutektik. Kelarutan maksimum dari karbon 2.14%. paduan besi karbon sampai pada komposisi ini disebut baja.
- G :Titik transformasi besi $\gamma \rightleftharpoons$ besi α . Titik transformasi A_3 untuk besi.
- P :Titik yang menyatakan ferit. Fasa α , ada hubungannya dengan reaksi eutectoid. Kelarutan maksimum dari karbon kira-kira 1.02%.
- S :Titik eutectoid. Selama pendinginan, ferit pada komposisi P dan sementit pada komposisi K (sama dengan F) terbentuk simultan dari austenit pada komposisi S. reaksi eutectoid ini dinamakan transformasi A_1 , dan fasa eutectoid dinamakan perlit.
- GS :Garis yang menyatakan hubungan antara temperature dan komposisi. Dimana mulai terbentuk ferit dari austenit. Garis ini disebut garis A_3 .
- ES :Garis yang menyatakan hubungan antara temperatur dan komposisi; dimana mulai terbentuk sementit dan austenit, dinamakan garis A_{cm} .
- A_2 :Titik Transformasi magnetik untuk besi atau ferit.
- A_0 :Titik Transformasi magnetik untuk sementit.

2.3. Prinsip-Prinsip Pengelasan

Pengelasan merupakan salah satu jenis penyambungan diantara penyambungan yang lain seperti baut dan keeling. Berbeda khusus antara keduanya bahwa pengelasan membutuhkan perhatian khusus diantaranya adalah

jenis pengelasan, klasifikasi pengelasan dan karakteristiknya serta proses pengelasan.

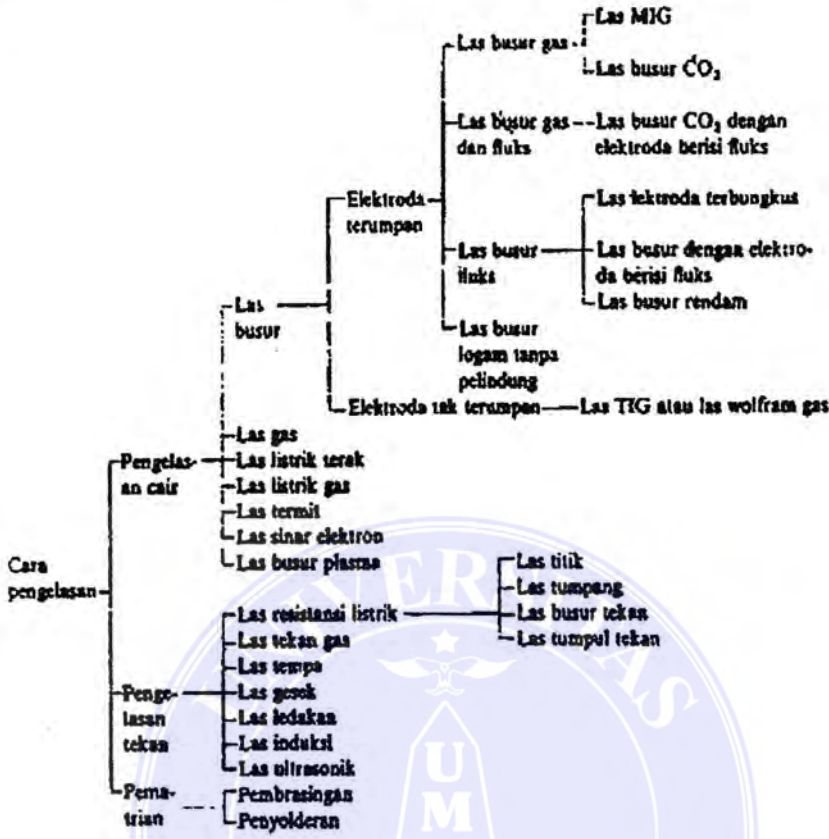
2.3.1. Pengertian Umum Las

Menurut Deutche Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair. Berdasarkan definisi tersebut dapat dijelaskan bahwa las adalah proses dimana bahan dengan jenis yang sama digabungkan menjadi satu sehingga terbentuk suatu sambungan melalui ikatan kimia yang dihasilkan dari pemakaian panas dan tekanan.

2.3.2. Klasifikasi Pengelasan

Dilihat dari temperatur pengelasan, pengelasan dapat dibedakan atas Pengelasan cair yaitu cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api yang terbakar, pengelasan tekan dimana sambungan dipanaskan kemudian ditekan hingga menjadi satu, dan pematrian dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah dimana logam induk tidak ikut mencair.

Gambar 2.2. Klasifikasi pengelasan



Sumber : *Teknologi Pengelasan Logam (Wirjosumarto & Okumura, 2000)*

2.3.2.1. Las Busur Listrik

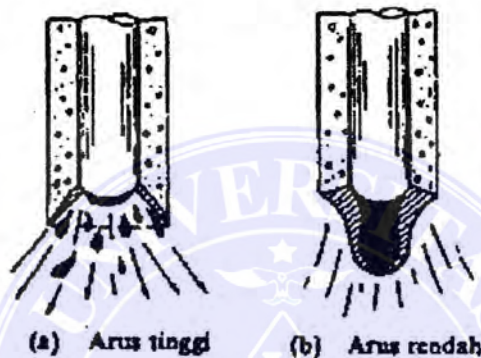
Las busur listrik ialah cara pengelasan dengan mempergunakan busur listrik sebagai sumber panas pencair logam. Arus listrik yang cukup padat dan tegangan rendah bila dialirkan pada dua buah logam yang konduktif akan menghasilkan loncatan elektroda yang dapat menimbulkan panas yang sangat tinggi mencapai 5000⁰C sehingga dapat mudah mencair kedua logam tersebut.

Dari pengertian diatas, dapat dikatakan bahwa butiran logam cair yang halus mempunyai sifat mampu las yang baik. Sedangkan proses

pemindahan cairan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan.

Pengelasan adalah suatu proses dimana bahan dengan jenis yang sama digabungkan menjadi satu sehingga terbentuk suatu sambungan melalui ikatan kimia yang dihasilkan dan pemakaian panas dan tekanan.

Gambar 2.3. Pemindahan logam cair



Sumber : *Teknologi Pengelasan Logam (Wiryo Sumarto & Okumura, 2000)*

2.3.2.2. Las Gas Oksi Acetilen

Pada las Oksi Acetilen, panas dihasilkan dari rekasi pembakaran antara gas Acetylene dengan oksigen. Nyala yang dihasilkan terdiri dari 2 daerah atau zona, yaitu daerah pembakaran primer (Primary Combution) yang menghasilkan panas sekitar 1/3 dari total panas pembakaran sempurna ($C_2H_2 + O_2$ (Silinder) = $2CO + H_2$), dan daerah pembakaran sekunder yang terjadi setelah pembakaran primer berlangsung ($2CO + O_2$ (Atmosfir) = $2CO_2$), $H_2 + \frac{1}{2} O_2$ (Atmosfir) = H_2O).

Gambar 2.4. Welding Torch

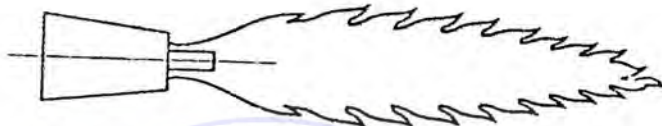


Sumber : (WWW.welding.co.id)

Sifat-sifat nyala :

a. Netral

Nyala api las jika jumlah gas Acetylen (C_2H_2) dan O_2 memiliki perbandingan yang sama. Nyala terdiri dari kerucut dalam yang berwarna putih bersinar dan kerucut luar berwarna biru bening.



Gambar 2.5. Nyala Netral

b. Karburasi

Nyala api las jika terjadi kelebihan C_2H_2 sehingga terjadi pembakaran yang tidak sempurna. Secara fisik pada nyala ini terdapat kerucut nyala biru diantara kerucut dalam dan kerucut luar. Nyala api ini biasanya digunakan untuk pengelasan aluminium, magnesium dan untuk mencegah lepasnya karbon (decarburation) pada baja karbon tinggi.



Gambar 2.6. nyala karburasi

c. Oksidasi

Nyala api las jika terlalu banyak oksigen terjadi pembakaran tidak sempurna. Apabila pada nyala netral jumlah oksigen ditambah lagi maka nyala akan berubah menjadi pendek dan warna kerucut dalam berubah

menjadi pendek. Nyala ini biasanya digunakan pada unsur-unsur yang mudah menguap waktu pengelasan seperti Zinc atau kuningan (paduan Cu-Zn) melalui lapisan oksida.

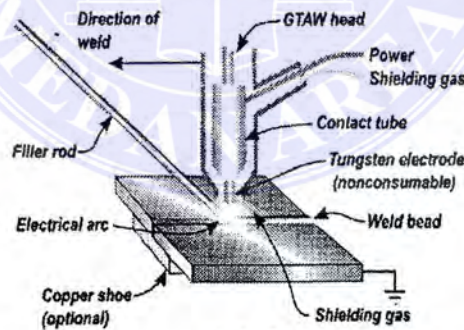


Gambar 2.7. Nyala oksidasi lebih

2.3.2.3. Las Busur Tungsten Gas Mulia (Gas Tungsten Arc Welding/GTAW).

Pada las ini, sumber panas berasal dari loncatan busur listrik antara elektroda terbuat dari wolfram/tungsten dan logam yang dilas, dimana logam induk tidak ikut terumpan.

Gambar 2.8. Skema las busur Tungsten



Sumber: *Prinsip-prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan Logam*, (Suharno, 2008).

Sumber arus yang digunakan bisa AC (arus bolak balik) maupun arus DC (arus searah). Untuk arus searah (DC) terdapat 2 jenis polaritas yaitu :

(1). Polaritas lurus (Direct Current Straight Polarity/DCST) yaitu jika logam induk dihubungkan dengan kutup positif (+) dari sumber tenaga (power

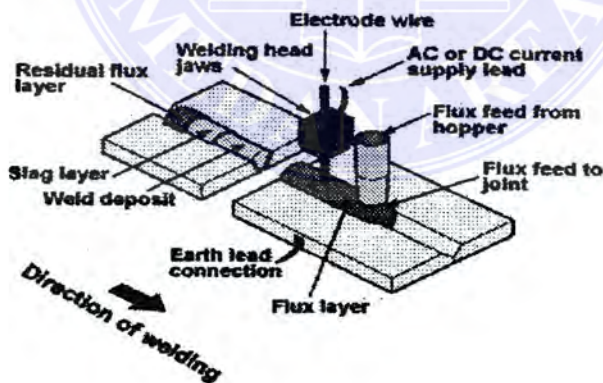
supply). (2). Polaritas balik (Direct Current Reserve Polarity/DCRP) yaitu jika benda kerja dihubungkan dengan kutup negative (-) sumber tenaga.

2.3.2.4. Las Busur Logam Gas (Gas Metal Arc Welding/GMAW)

Proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari busur listrik diantara elektroda sekaligus berfungsi sebagai logam yang terumpan (filler) dan logam yang dilas. Las ini disebut juga Metal Inert Gas (MIG) Welding, karena menggunakan gas mulia seperti argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam cair.

Keuntungan dari las ini ialah perpindahan logam cair dari lektroda terumpan dapat diatur melalui kombinasi yang sesuai antara komposisi gas, jenis sumber tenaga, elektroda, arus, tegangan dan kecepatan kawat pengumpan (filler).

Gambar 2.9. Skema las busur logam Gas



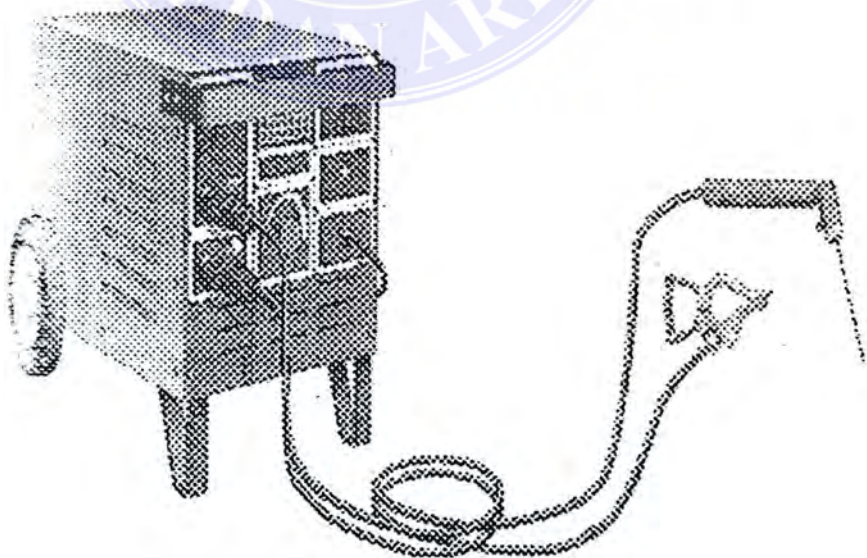
Sumber: *Prinsip-prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan Logam*, (Suharno, 2008).

2.3.2.5. Las Busur Elektroda Terbungkus/SMAW (Shielded Metal Arc Welding/SMAW)

2.3.2.5.1. Pengertian SMAW

Shielded Metal Arc Welding/SMAW merupakan proses pengelasan dimana panas dihasilkan dari busur listrik antara ujung elektroda dengan logam yang dilas. Elektroda terdiri dari kawat logam sebagai penghantar arus listrik kebusur dan sekaligus sebagai bahan pengisi (filler). Kawat ini dibungkus dengan fluks. Besarnya arus listrik yang tinggi biasanya dipakai 10 – 500 A dengan potensial yang rendah 10 – 50 V. selama pengelasan, fluks mencair dan membentuk terak yang berfungsi sebagai lapisan logam las terhadap udara sekitarnya. Fluks juga menghasilkan gas yang bisa melindungi butiran-butiran logam cair yang berasal dari ujung elektroda yang mencair dan jatuh ketempat sambungan.

Gambar 2.10. Peralatan Konstruksi Las SMAW



Sumber : (www.weldingengineer.com)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/8/23

2.3.2.5.2. Keuntungan Las SMAW

Keuntungan dari las SMAW adalah :

1. Proses pengelasan lebih mudah dan sederhana dibandingkan dengan las busur yang lain.
2. Peralatan yang diperlukan lebih sederhana, ringkas dan murah dibandingkan las busur yang lain.
3. Lingkup penggunaan yang lebih luas, karena semua jenis logam dapat disambungkan dengan menggunakan proses pengelasan ini.

2.4. Klasifikasi Elektroda Menurut AWS (American Welding Society)

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (American Welding Society) dinyatakan dengan tanda E XXXX.

Symbol atau kode yang diberikan yaitu satu huruf E yang diikuti oleh empat atau lima angka dibelakangnya, contoh E6013. elektroda dengan kode E6013 untuk setiap huruf dan setiap angka mempunyai arti masing – masing, yaitu :

- E : Elektroda untuk las busur listrik
- 60 : Menyatakan nilai tegangan tarik minimum hasil pengelasan dikalikan dengan 1000 psi, jadi 60.000 psi.
- 1 : Menyatakan posisi pengelasan, angka 1 dapat digunakan untuk pengelasan semua posisi.

Angka nomor ketiga pada kode elektroda, yaitu angka yang menyatakan posisi pengelasan :

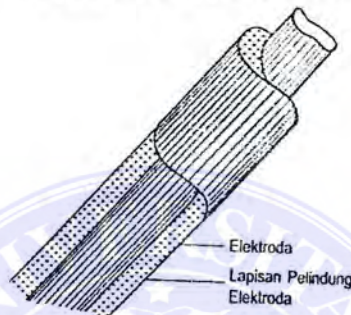
- 1 : Untuk pengelasan semua posisi
- 2 : Untuk pengelasan posisi Horizontal dan bawah tangan
- 3 : Untuk pengelasan pada posisi dibawah tangan

Angka terakhir pada simbol elektroda :

- 0 : Elektroda dengan penembusan dalam. Bahan dari selaput selulosasoda. Bentuk rigi-rigi cembung atau rata.
- 1 : Elektroda dengan penembusan dalam. Bahan dari selaput selulosa Potasium. Bentuk rigi-rigi cembung atau rata.
- 2 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari titania sodium. Bentuk rigi-rigi cekung
- 3 : Elektroda dengan penembusan dangkal. Bahan dari selaput titania (rutil). Bentuk rigi-rigi cekung.
- 4 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput titania serbuk besi. Penembusan sedang dan cepat membeku.
- 5 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput soda hydrogen rendah. Bentuk rigi-rigi cekung, digunakan untuk mengelas logam yang kadar belerangnya tinggi.
- 6 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput soda hydrogen rendah. Bentuk rigi-rigi cekung, digunakan untuk mengelas logam yang kadar belerangnya tinggi.

- 7 : Elektroda dengan penembusan menengah. Bahan dari selaput oksida besi. Bentuk rigi-rigi datar dan cepat membeku.
- 8 : Elektroda dengan penembusan dangkal dan menengah. Bahan dari selaput serbuk besi hydrogen rendah. Bentuk rigi-rigi cekung.

Gambar 2.11. Elektroda las



Sumber : (www.welding.co.id)

Bagian yang sangat penting dalam las busur listrik ialah elektroda las. Selama proses pengelasan elektroda akan meleleh dan akhirnya akan habis. Jenis elektroda yang digunakan akan membantu menentukan hasil pengelasan, sehingga sangat penting untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat masing-masing elektroda sebagai dasar pemilihan elektroda yang tepat. Jenis elektroda sangat banyak. Berdasarkan selaput pelindungnya dibagi atas 2 (dua) macam, yaitu elektroda polos dan elektroda berselaput.

Elektroda berselaput terdiri dari bagian inti dan zat pelindung atau fluks. Pelapisan fluks pada bagian ini dapat dilakukan dengan cara detrusi, semprot atau celup. Selaput yang ada pada elektroda jika terbakar akan menghasilkan gas CO_2 yang berfungsi untuk melindungi cairan las, busur

listrik dan sebagainya benda kerja dari udara luar. Udara luar mengandung gas oksigen, yang dapat mengakibatkan bahan las mengalami oksidasi.

Selaput elektroda mempunyai fungsi-fungsi antara lain :

- a. Mencegah terbentuknya oksida-oksida dan nitride logam sewaktu proses pengelasan berlangsung.
- b. Membuat terak pelindung sehingga dapat mengurangi kecepatan pendinginan yang bertujuan agar las-lasan yang terjadi tidak getas dan rapuh.
- c. Memberikan sifat khusus terhadap hasil las-lasan dengan cara menambah zat-zat tertentu yang terkandung dalam selaput.
- d. Membantu mengontrol ukuran dan frekuensi tetesan logam cair
- e. Memungkinkan dilakukannya posisi pengelasan yang berbeda.

Dilihat dari fungsinya, elektroda mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap hasil pengelasan. Oleh karena itu, pemilihan elektroda harus benar-benar tepat. Untuk pemilihan elektroda yang digunakan kita harus memperhatikan beberapa hal antara lain :

- a. Jenis logam yang akan dilas
- b. Tebal bahan yang akan dilas
- c. Kekuatan mekanis yang diharapkan dari hasil pengelasan
- d. Posisi pengelasan
- e. Bentuk kampuh benda kerja.

2.5. Jenis-Jenis Elektroda dan fungsinya.

2.5.1. Elektroda Berselaput

Elektroda berselaput yang dipakai pada las busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat inti. Pelapisan fluks pada kawat inti dapat dengan cara destruksi, semprot atau celup. Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 sampai 450 mm. Jenis-jenis selaput fluksi pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat (CaCO_3), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida mangan, oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan dan sebagainya dengan persentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda.

Tebal selaput elektroda berkisar antara 70% sampai 50% dari diameter elektroda tergantung dari jenis selaput. Pada waktu pengelasan, selaput elektroda ini akan turut mencair dan menghasilkan gas CO_2 yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Udara luar yang mengandung O_2 dan N akan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari logam las. Cairan selaput yang disebut terak akan terapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas.

2.5.2. Elektroda Baja Lunak

Ada bermacam-macam jenis elektroda baja lunak perbedaannya hanyalah pada jenis selaputnya. Sedangkan kawat intinya sama.

2.5.3. E 6010 dan E 6011

Elektroda ini adalah jenis elektroda selaput selulosa yang dapat dipakai untuk pengelesan dengan penembusan yang dalam. Pengelasan dapat pada segala posisi dan terak yang tipis dapat dengan mudah dibersihkan. Deposit las biasanya mempunyai sifat mekanik yang baik dan dapat dipakai untuk pekerjaan dengan pengujian Radiografi. Selaput selulosa dengan kebasahan 5% pada waktu pengelasan akan menghasilkan gas pelindung. E 6011 mengandung Kalium untuk membantu menstabilkan busur listrik bila dipakai arus AC.

2.5.4. E 6012 dan E 6013

Kedua elektroda ini termasuk jenis selaput rutil yang dapat menghasilkan penembusan sedang. Keduanya dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi, tetapi kebanyakan jenis E 6013 sangat baik untuk posisi pengelesan tegak arah ke bawah. Jenis E 6012 umumnya dapat dipakai pada ampere yang relatif lebih tinggi dari E 6013. E 6013 yang mengandung lebih banyak Kalium memudahkan pemakaian pada voltage mesin yang rendah. Elektroda dengan diameter kecil kebanyakan dipakai untuk pangelasan pelat tipis.

2.5.5. E 6020

Elektroda jenis ini dapat menghasilkan penembusan las sedang dan teraknya mudah dilepas dari lapisan las. Selaput elektroda terutama mengandung oksida besi dan mangan. Cairan terak yang terlalu cair dan

mudah mengalir menyulitkan pada pengelasan dengan posisi lain dari pada bawah tangan atau datar pada las sudut.

2.5.6. Elektroda dengan Selaput Serbuk Besi

Selaput elektroda jenis E 6027, E 7014, E 7018, E 7024 dan E 7028 mengandung serbuk besi untuk meningkatkan efisiensi pengelasan. Umumnya selaput elektroda akan lebih tebal dengan bertambahnya persentase serbuk besi. Dengan adanya serbuk besi dan bertambah tebalnya selaput akan memerlukan ampere yang lebih tinggi

2.5.7. Elektroda Hydrogen Rendah

Selaput elektroda jenis ini mengandung hydrogen yang rendah (kurang dari 0,5 %), sehingga deposit las juga dapat bebas dari porositas. Elektroda ini dipakai untuk pengelasan yang memerlukan mutu tinggi, bebas porositas, misalnya untuk pengelasan bejana dan pipa yang akan mengalami tekanan. Jenis-jenis elektroda hydrogen rendah misalnya E 7015, E 7016 dan E 7018.

2.5.8. Elektroda Untuk Besi Tuang

Elektroda yang dipakai untuk mengelas besi tuang adalah sebagai berikut :

- Elektroda baja
- Elektroda nikel
- Elektrode perunggu
- Elektroda besi tuang

2.5.8.1. Elektroda nikel

Elektroda jenis ini dipakai untuk mengelas besi tyang, bila hasil las masih dikerjakan lagi dengan mesin. Elektroda nikel dapat dipakai dalam segala posisi pengelasan. Rigi-rigi las yang dihasilkan elektroda ini pada besi tuang adalah rata dan halus bila dipakai pada pesawat las DC kutub terbalik.

2.5.8.2. Elektroda baja

Elektroda jenis ini bila dipakai untuk mengelas besi tyang akan menghasilkan deposit las yang kuat sehingga tidak dapat dikerjakan dengan mesin. Dengan demikian elektroda ini dipakai bila hasil las tidak dikerjakan lagi. Untuk mengelas besi tyang dengan elektroda baja dapat dipakai pesawat las AC atau DC kutub terbalik.

2.5.8.3. Elektroda perunggu

Hasil las dengan memakai elektroda ini tahan terhadap retak, sehingga panjang las dapat ditambah. Kawat inti dari elektroda dibuat dari perunggu fosfor dan diberi selaput yang menghasilkan busur stabil.

2.5.8.3. Elektroda dengan Hydrogen rendah

Elektroda jenis ini pada dasarnya dipakai untuk baja yang mengandung karbon kurang dari 1,5%. Tetapi dapat juga dipakai pada pengelasan besi tuang dengan hasil yang baik. Hasil lasnya tidak dapat dikerjakan dengan mesin.

2.5.9. Elektroda Untuk Aluminium

Aluminium dapat dilas listrik dengan elektroda yang dibuat dari logam yang sama. Pemilihan elektroda aluminium yang sesuai dengan pekerjaan didasarkan pada tabel keterangan dari pabrik yang membuatnya. Elektroda aluminium AWS-ASTM AI-43 untuk las busur listrik adalah dengan pasawat las DC kutub terbalik.

2.5.10. Elektroda untuk pelapis Keras

Tujuan pelapis keras dari segi kondisi pemakaian yaitu agar alat atau bahan tahan terhadap kikisan, pukulan dan tahan aus. Untuk tujuan itu maka Elektroda untuk pelapis keras dapat diklasifikasikan dalam tiga macam Yaitu :

- Elektroda tahan kikisan
- Elektroda tahan pukulan
- Elektroda tahan aus.

Elektroda jenis ini dibuat dari tabung chrom karbida yang diisi dengan serbuk-serbuk karbida. Elektroda dengan diameter 3,25 mm - 6,5 mm dipakai pada pesawat las AC atau DC kutub terbalik.

Elektroda ini dapat dipakai untuk pelapis keras permukaan pada sisi potong yang tipis, peluas lubang dan beberapa tipe pisau.

2.5.10.1. Elektroda tahan pukulan.

Elektroda ini dapat dipakai pada pesawat las AC atau DC kutub terbalik. Dipakai untuk pelapis keras bagian pemecah dan palu.

2.5.10.2. Elektroda tahan keausan.

Elektroda ini dibuat dari paduan-paduan non ferro yang mengandung Cobalt, Wolfram dan Chrom. Biasanya dipakai untuk pelapis keras permukaan katup buang dan dudukan katup dimana temperatur dan keausan sangat tinggi.

2.6. Fluks

Didalam las elektroda terbungkus, fluks memegang peranan penting karena fluks berfungsi sebagai:

- Pemantap busur dan penyebab kelancaran pemindahan butir-butir cairan logam.
- Sumber terak atau gas yang dapat melindungi logam cair terhadap udara sekitarnya.
- Pengatur penggunaan.
- Sumber unsur-unsur paduan.
- Beberapa fluks yang sering digunakan dan sifat utamanya dapat dilihat dalam tabel.

Tabel 2.3. Macam-macam fungsi bahan fluks,

Bahan Fluks	Pengaruh							
	Pemantap Busur	Pembetuk Terak	Deoksidator	Oksidator	Pembentuk gas	Penambahan unsur paduan	Penguat pembungkus	Pengikat fluks
Selulosa			0		0		0	
Lempung Silikat	0	0						

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)28/8/23

Talek	0	0						
Titanium Oksida	0	0						
Ilmenit	0	0						
Feroksida	0	0		0				
Kalsium karbonat	0	0		0	0			
Ferro Mangan		0	0			0		
Mangan dioksida		0		0		0	0	
Pasir silisium		0		0		0		
Kalium silikat	0	0						0
Natrium silikat	0	0						0

Sumber :Teknologi Pengelasan Logam (Wiryosumarto & Okumura, 2000)

2.7. Prinsip Pengoperasian Pengelasan

Dalam pengelasan SMAW proses pengoperasian terdiri dari busur elektroda terbungkus dan logam induk. Busur ini ditimbulkan oleh adanya sentuhan singkat elektroda pada logam dan panas yang ditimbulkan oleh busur akan melelehkan pada permukaan logam induk untuk membentuk logam lelehan, kemudian akan membeku bersama.

Bagian las ini dilapisi slag (terak) yang berasal dari selubung elektroda. Busur dan daerah sekitar dilindungi oleh atmosfer gas pelindung yang dihasilkan oleh terurainya lapisan elektroda., sebagian besar kawat inti pada elektroda dipindahkan melalui busur, walaupun demikian ada percikan api kecil terlepas dari area las sebagai percikan.

2.8. Parameter Las

2.8.1. Tegangan Busur Las

Tingginya tegangan busur las tergantung pada panjang busur yang dikehendaki dan jenis dari elektroda yang digunakan (Suharno,2008). Pada elektroda yang sejenis tingginya tegangan busur yang diperlukan berbanding lurus dengan panjang busur. Panjang busur yang dianggap baik kira-kira sama dengan garis tengah elektroda.

2.8.2. Besar Arus Pengelasan

Besar arus pengelasan tergantung pada bahan dan ukuran dari pengelasan. Disamping itu kabel las juga mempengaruhi besarnya arus yang dialirkan, karena daya yang digunakan untuk pengelasan besar. Arus yang besar harus dapat dialirkan lewat kabel tanpa banyak mengalami hambatan. Untuk meminimalkan hambatan yang terjadi sepanjang penghantar perlu dipilih kabel yang sesuai dengan arus yang dialirkan. Pemilihan kabel berdasarkan bahan pembuat kabel dan diameter atau penampang kabel, serta besarnya arus yang mengalir. Jenis bahan pembuat kabel berpengaruh terhadap besar kecilnya hambatan jenis bahan, semakin besar hambatan jenis suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut mengalirkan arus atau semakin besar hambatan yang terjadi. Ukuran diameter atau penampang kabel sangat berpengaruh, semakin besar penampang kabel semakin mudah arus listrik atau semakin kecil hambatannya.

Selain bahan dan diameter kabel juga harus diperhatikan panjang kabel yang digunakan, karena panjang kabel juga mempengaruhi besarnya

hambatan yang timbul. Panjang pendeknya penggunaan kabel las dapat dilihat pada tabel.

Table 2.4. Ukuran Kabel Las

Diameter kabel (inchi)	Pemakaian arus mesin las (Ampere)		
	0 - 500	500 - 1200	1200 - 3000
61/64	600	600	600
13/16	500	500	300
3/4	400	350	300
23/32	300	200	200
41/64	250	200	175
19/32	200	195	150
9/16	150	150	150
17/32	125	100	75

Sum ber : (www.teknik mengelas.co.id)

Besar arus dan tegangan yang digunakan dalam pengelasan harus diatur sesuai dengan kebutuhan. Daya yang dibutuhkan untuk mengelas tergantung dari besarnya arus dan tegangan listrik yang digunakan. Hal ini dikarenakan penggunaan tegangan tidak boleh terlalu tinggi hanya sekitar 55 volt sampai 85 volt. Hal ini dikarenakan tubuh manusia tidak akan mampu menahan arus listrik dengan tegangan yang tinggi.

Tegangan listrik yang digunakan pada mesin las (tegangan pada ujung-ujung terminal) berkisar 55 volt sampai 85 volt. Tegangan ini disebut tegangan pembakaran. Bila nyala busur listrik sudah terjadi maka tegangan turun menjadi 20 volt sampai 40 volt. Tegangan ini disebut juga dengan tegangan kerja. Besar kecilnya tegangan kerja yang terjadi tergantung dari besar kecilnya diameter elektroda. Semakin besar diameter elektroda maka semakin besar arus yang digunakan.

Dengan alasan diatas maka pada mesin las pengaturan yang dilakukan dengan cara memutar tombol pengatur arus. Besar arus yang digunakan dapat dilihat pada skala yang ditunjukkan oleh amperemeter yang terletak pada mesin las. Pemilihan besar arus listrik tergantung dari beberapa faktor antara lain ; diameter elektroda yang digunakan, tebal benda kerja, jenis elektroda, polaritas kutub-kutubnya, dan posisi pengelasan.

Berdasarkan kode elektroda dan ketentuan –ketentuan diatas maka diameter elektroda dan besar arus yang digunakan disajikan pada table 5. umumnya besar arus yang digunakan diambil pada nilai tengah dari batas yang direkomendasikan. Misalkan dengan elektroda E6014 yang berdiameter 5,5, biasanya arus yang diambil pada nilai tengah yaitu 300 ampere.

Table 2.5. Besar arus dan diameter elektroda

Diameter elektroda (mm)	Tipe elektroda dan besarnya arus (ampere)					
	E6010	E6014	E7018	E7024	E7027	E7028
2.5	-	80-125	70-100	70-145	-	-
3.2	80-120	110-160	115-165	140-190	125-185	180-250
4	120-160	150-210	150-220	180-250	160-240	180-250
5	150-200	200-275	200-275	230-305	210-300	230-305
5.5	-	260-340	260-340	275-375	250-350	275-365
6.3	-	330-415	315-400	335-340	300-420	350-430
8	-	390-500	375-470	-	-	-

Sumber : (www.teknikmengelas.co.id)

Sebaiknya arus yang digunakan berada batas yang direkomendasikan karena kekurangan arus atau kelebihan arus yang digunakan untuk pengelasan akan berakibat tidak baik terhadap hasil

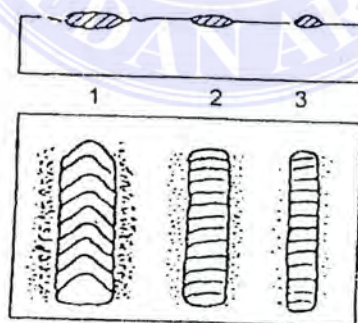
pengelasan. Pengelasan dengan arus listrik yang terlalu kecil akan berakibat sebagai berikut :

- Lelehan logam las kental, sehingga tidak terjadi percikan cairan logam disekitar rigi-rigi las.
- Membentuk kawah yang dangkal dan kecil, karena panas yang ditimbulkan nyala busur listrik lemah.
- Bentuk rigi-rigi las yang terjadi kurang baik, yaitu membentuk tinggi dan sempit dengan tepi yang tegak.

Adapun jika pada pengelasan arus listrik yang terlalu besar maka :

- lelehan logam las encer, sehingga percikan logam yang berbentuk bola-bola kecil disekitar rigi-rigi sangat banyak.
- Membentuk kawah yang lebar dan berbentuk segi tiga, karena panas yang ditimbulkan nyala busur listrik kuat.
- Bentuk rigi-rigi las yang terjadi kurang baik yaitu berbentuk segitiga.

Gambar 2.12. Bentuk rigi-rigi las



Keterangan:

- Dengan arus listrik yang besar.
- Dengan arus listrik yang tepat.
- Dengan arus listrik yang kecil.

Sumber : (www.teknik mengelas.co.id)

2.8.3. Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pengelasan tergantung dari jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang dilas, geometri sambungan, ketelitian sambungan, dan lain-lain (Messler, 1999). Dalam hal ini hubungan arus dan tegangan las dapat dikatakan bahwa kecepatan las hampir tidak ada hubungan dengan tegangan las tetapi berbanding lurus dengan arus listrik. Karena pengelasan yang cepat memerlukan arus las yang tinggi. Bila tegangan dan arus dibuat tetap, sedangkan kecepatan las dinaikan maka jumlah deposit persatuan panjang las menjadi turun. Tetapi pada kecepatan tertentu kenaikan kecepatan akan memperbesar penembusan.

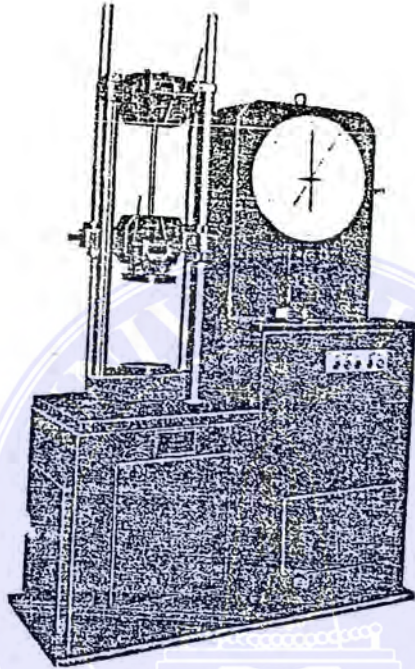
2.9. Pengujian Logam.

Sifat-sifat khas bahan industri perlu dikenal secara baik karena bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai keadaan. Sifat – sifat bahan yang diinginkan sangat banyak, termasuk sifat – sifat mekanik (kekuatan, kekerasan, kekakuan, keliatan, keuletan, kepekaan takikan atau kekuatan impak), sifat-sifat fisik (ukuran, masa jenis, struktur, dsb). Kebanyakan sifat-sifat tersebut ditentukan oleh jenis dan perbandingan atom yang membentuk bahan, yaitu unsur dan komposisinya.

II.9.1. Uji Kekuatan Tarik (Tensile Test)

Uji Tarik (Tensile Test) adalah salah satu pengujian sifat mekanik bahan metal. Dimana pada bahan percobaan diberikan regangan dengan

perlahan-lahan sampai bahan itu putus, percobaan ini dilakukan dengan alat *Universal Testing Mechine*.



Gambar 2.13. Universal Testing Machine Tipe MR 5.10.20CT

Bahan percobaan diberikan beban tarik secara perlahan-lahan dari (0 Kg) sampai bahan percobaan putus (C). disini akan terjadi dua perubahan sifat yaitu perubahan elastis dan perubahan plastis. Beban (Load) pada mana tercapainya kekenyalan (Yield) disebut beban Yield Point (F_s) dan alongasi yang terjadi pada saat ini disebut "Elongation Yield Point" (mm). beban maksimum yang dapat ditahan oleh bahan percobaan adalah F_{max} (Kgf) dan beban setelah bahan percobaan putus (Load at Fracture) adalah F_f (Kgf).

2.9.1.1. Percobaan Elastis (Elastic Deformation)

Perubahan elastis adalah jika bahan percobaan diberikan regangan, maka akan terjadi perubahan sifat dari bahan tersebut dan setelah beban dihentikan maka bahan akan kembali seperti semula.

$$E = \frac{P}{\Sigma}$$

Dimana :

E = Modulus elasticity (Kgf/mm²)

P = Stress pada Proporsional limit (Kgf/mm²)

Σ = Elongation

2.9.1.2. Percobaan Plastik (Plastic Deformation)

Perubahan plastic adalah apabila pada bahan diberikan beban, maka akan terjadi perubahan dan setelah beban dibebaskan, bahan tersebut dapat kembali seperti semula.

$$\text{Yield stress } \sigma_s = \frac{F_s}{A_o} \text{ Kgf / mm}^2$$

Dimana :

σ_s = Yield stress (Kgf/mm²)

F_s = Beban pada yield point (Kgf/mm)

A_o = Luas penampang bahan sebelum percobaan (mm²)

$$= \frac{\pi}{4} D^2$$

$$\text{Tensile strength (kekuatan tarik) Kgf/mm}^2 \quad \sigma_B = \frac{F_{\max}}{A_o} \text{ Kgf / mm}^2$$

Dimana :

$$\sigma B = \text{Tensile Strenght (Kgf/mm}^2\text{)}$$

$$F_{\max} = \text{Beban maximum (Kgf)}$$

$$A_o = \text{Luas penampang bahan mula-mula (mm}^2\text{)}$$

Stress at Fracture (kekuatan tarik pada saat bahan percobaan putus)

$$\sigma f = \frac{F_f}{A_o} \text{Kgf / mm}^2$$

Dimana :

$$\sigma f = \text{Stress (Kgf/mm}^2\text{)}$$

$$F_f = \text{Beban maximum (Kgf)}$$

$$A_o = \text{Luas penampang bahan mula-mula (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Persen Elongasi (\%)} \quad \gamma = \frac{L - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Dimana :

$$\gamma = \text{Elongasi (\%)}$$

$$L_o = \text{Panjang bahan sebelum percobaan (mm)}$$

$$L = \text{Panjang bahan setelah percobaan (mm}^2\text{)}$$

2.9.1.3. Penyusutan Luas Penampang (%)

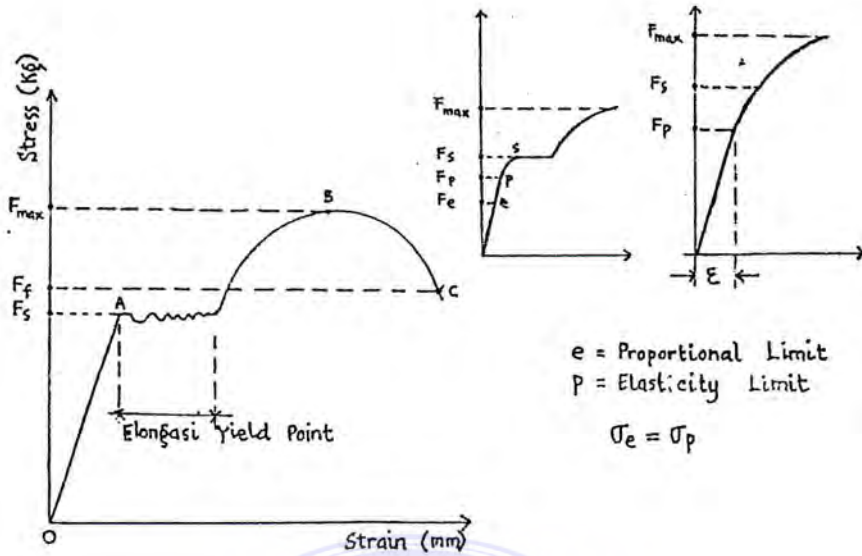
$$\chi = \frac{A_o - A}{A_o} \times 100\%$$

Dimana :

$$\chi = \text{Elongasi (\%)}$$

$$A = \text{Luas penampang setelah percobaan}$$

$$A_o = \text{Luas penampang mula-mula}$$



Gambar 2.14. Kurva Stress vs Strain

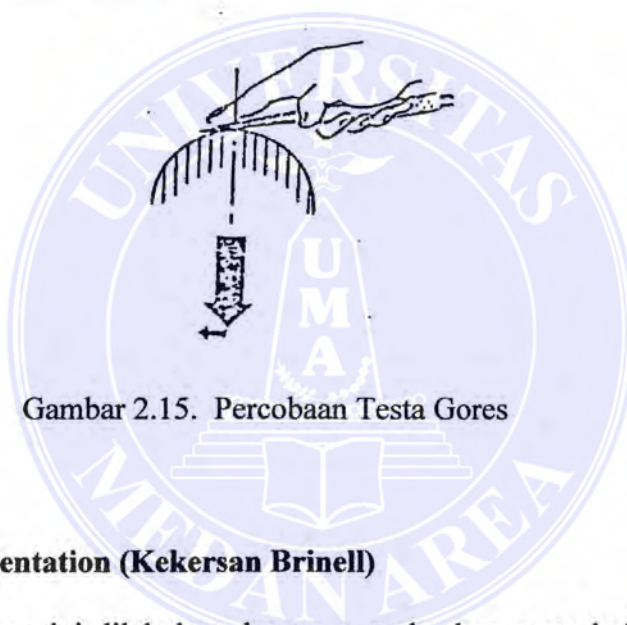
2.9.2. Uji Kekerasan (Hardness Test)

Kekerasan adalah daya tahan (daya hambat) suatu logam terhadap penetrasi (penekanan) benda keras lainnya. Percobaan kekerasan dilakukan untuk menghitung daya tahan (daya hambat) suatu logam terhadap perubahan plastis pada lapisan dekat permukaan bahan percobaan logam. Dalam proses mendeteksi kekerasan, dimana bahan digores atau ditekan dengan suatu penetrator bola baja (steel ball) atau pyramid diamond (brale). Pertama kali penetrator menguasai daya tahan logam pada perubahan elastis dan kemudian sejumlah kecil perubahan plastis. Dalam pengujian kekerasan logam ada beberapa metode pengujian, yaitu:

2.9.2.1. Scrath Hardness Test (percobaan testa gores)

Penentuan kekerasan dengan percobaan testa gores dilakukan dengan menggores permukaan bahan dengan suatu kikir standar yang telah diketahui

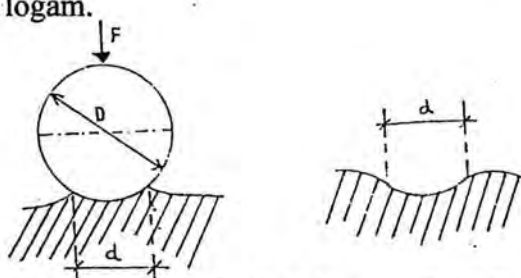
kekerasannya. Yang mana kekerasan dari kikir (file) standart sudah diketahui sebelumnya. Jika kikir lebih keras dari pada bahan maka pada permukaan bahan akan dijumpai goresan dan apabila bahan percobaan lebih keras dari pada kikir maka pada permukaan bahan tidak dijumpai goresan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa percobaan testa kekerasan dapat dilakukan dengan mencari kesamaan kekerasan bahan percobaan dengan kekerasan kikir yang sudah diketahui kekerasannya dengan jalan menggoreskan kikir pada permukaan bahan percobaan.



Gambar 2.15. Percobaan Testa Gores

2.9.2.2. Ball Indentation (Kekersan Brinell)

Percobaan ini dilakukan dengan menekankan suatu bola baja (steel ball) yang keras pada permukaan spesimen logam dengan beban konstan. Sesudah pembebasan beban, suatu bekas lekukan akan dijumpai pada permukaan spesimen logam.



Gambar 2.16. kekerasan Brinell

Kekerasan Brinell dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} HBS &= 0.102 \frac{F}{S} \\ &= 0.102 \times \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \end{aligned}$$

Dimana :

HBS = Kekerasan Brinell

F = Beban Percobaan (N)

S = Luas Indentasi (mm²)

D = Diameter Penetrator Stell Ball (mm)

d = Diameter Indentasi (mm)

Jika beban percobaan dihitung dalam Kgf, maka kekerasan Brinell dapat dihitung :

$$HBS = \frac{F}{S} = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana : F = Beban percobaan (Kgf)

Dalamnya lekukan (indentasi) dapat dihitung dengan rumus :

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

atau

$$h = \frac{F}{\pi D \cdot HBS}$$

hubungan antara kekerasan brinell dengan Ultimate strength (tensile strength) dari suatu metal dapat dilihat dari rumus berikut :

$$\sigma_u = K \cdot \text{HBS}$$

Dimana :

σ_u = Tensile strength

K = 0.36 untuk baja canai dan 0.3 s/d 0.4 untuk baja tyang

HBS = Kekerasan Brinell

2.9.2.3. Rockwell Hardness (Kekerasan Rockwel)

Kekerasan Rockwell sama halnya dengan prinsip Brinell. Dalam test Rockwell, kekerasan dihitung tidak dengan diameter indentasi tapi adalah dihitung dari kedalaman indentasi (penekanan).

Penetrator pada percobaan Rockwell adalah kerucut intan (brale) dengan sudut 120° untuk material yang keras dan bola baja (steel ball) diameter 1.5875 mm (1/16") untuk material lunak. Kerucut diamond dan bola baja sebagai penetrator sama mempunyai dua beban yaitu beban primer (10 Kg) dan beban skunder untuk diamond cone (140 Kg) dan dibaca pada skala A dengan beban skunder 50 Kg.

Percobaan dengan diamond kerucut dapat dilihat pada gambar 16. kekerasan Rockwell dapat dihitung dengan rumus :

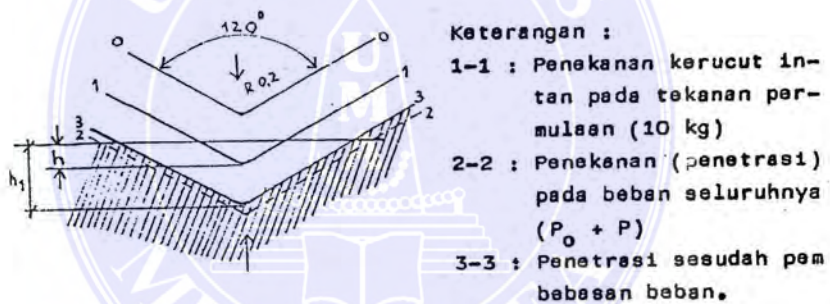
$$\text{HRc} = \frac{K - (h_1 - h)}{c}$$

Dimana :

K = 0.2 untuk kerucut diamond dan 0.26 untuk bola baja

- h_1 = Kedalaman penetrasi sesudah pembebanan beban
 h = Kedalaman penetrasi pada bahan primer
 c = Nilai bagian skala = 0.002 mm

Pada percobaan kekerasan Rockwell angka kekerasan dapat langsung dibaca pada piringan dari bagian alat. Ada sembilan skala Rockwell, masing-masing skala mempunyai perbedaan yaitu skala A; B; C; D; E; F; G; H; K. skala ini berbeda satu sama lainnya sesuai dengan penetrator dan beban yang digunakan. Kekerasan Rockwell C (HR_C) dan kekerasan Rockwell B (HR_B) adalah paling banyak digunakan.



Gambar 2.17. Percobaan dengan Diamond kerucut

Simbol	Penetrator	Beban (kg)	Skala yang dibaca
B (HR _B)	1/16 "	100	Merah
C (HR _C)	Diamond Cone	150	Hitam
A (HR _A)	Diamond Cone	60	Hitam
D (HR _D)	Diamond Cone	100	Hitam
E (HR _E)	1/8 " Steel Ball	100	Merah
F (HR _F)	1 / 16 " Steel Ball	60	Merah
G (HR _G)	1 / 16 " Steel Ball	150	Merah
H (HR _H)	1 / 8 " Steel Ball	60	Merah
K (HR _K)	1 / 8 " Steel Ball	150	Merah

Table 2.6. Skala kekerasan Rockwell

2.9.2.4. Vickers Hardness (Kekerasan Vickers)

Metode ini digunakan untuk mengukur kekerasan material penampang lintang yang kecil. Digunakan untuk menguji material yang sangat keras. Penetrator yang dipakai ialah pyramid diamond dengan sudut 136° antara sisi dengan sisi lainnya. Dan percobaan dilakukan pada permukaan spesimen logam yang sudah dipoles guna memudahkan menentukan diagonal dari penetrasi. Kekerasan Vickers ditentukan dengan mengukur diagonal bekas penekanan (indentasi) dengan menggunakan microscop micrometer.

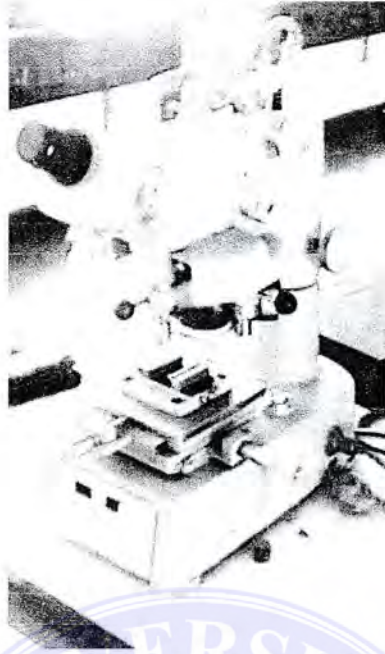
Dalam penentuan kekerasan, kekerasan Vickers adalah paling banyak digunakan terutama untuk material yang sangat keras. Beban percobaan dapat dipergunakan tergantung pada jenis dan tebal bahan yang diuji yang mana beban percobaan terdiri dari ; 1, 10, 20, 30, 40, 50 Kg.

Kekerasan Vickers dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} HV &= 0.102 \times \frac{F}{S} \\ &= 0.102 \times \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} \\ &= 0.18909 \frac{F}{d^2} \end{aligned}$$

Dimana :

HV	= Kekerasan Vickers
F	= Beban Percobaan (N)
S	= Luas permukaan indentasi (mm^2)

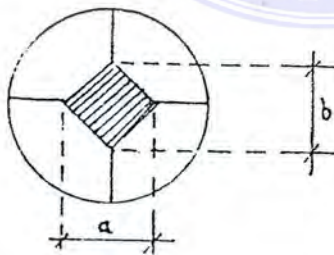


Gambar 2.18. Hardness Vickers

Bila beban percobaan dihitung dalam Kgf maka kekerasan Vickers dapat dihitung dengan rumus :

$$HV = \frac{F}{S} = \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2}$$

Dimana : F = Beban Percobaan (Kgf)



a = Diagonal horizontal

b = Diagonal vertikal

Gambar 2.19. Indentasi dari penetrator

2.9.2.5. Mikro Vickers Hardness.

Mikro Vickers Hardness adalah percobaan kekerasan micro, biasanya digunakan untuk percobaan kekerasan dari spesimen yang tipis dan kecil. Dengan

menggunakan beban yang sangat lemah yaitu 1 sampai dengan 20 gr dan diagonal indentasi dihitung dengan menggunakan metal microscop. Dan penetrator yang digunakan adalah pyramid diamond. Biasa digunakan untuk pengujian kekerasan dari lapisan yang tipis.

Kekerasan mikro dapat dihitung dengan rumus:

$$Hv = 1854.4 \times \frac{F}{d^2}$$

Dimana :

Hv = kekerasan Vickers

F = beban percobaan (gr)

d = diagonal indentasi (micron)

2.9.3. Struktur Mikro

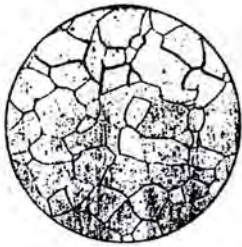
Dengan menggunakan alat mikroskop struktur logam yang dapat dilihat setelah permukaan dari logam yang diuji tersebut digerinda sehalus mungkin dan dipoles dengan menggunakan larutan poles alumina dan kemudian di etchan dengan campuran asam Nitrat dengan Ethanol.



Gambar 2.20. Larutan Poles Alumina

Struktur mikro dari logam adalah satu sifat dari logam yang dapat merupakan ciri dari logam itu sendiri. Bentuk struktur logam ini dapat dipengaruhi oleh komposisi dari logam dan perlakuan panas yang diberikan.

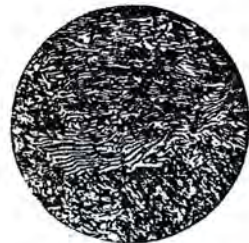
Sebagai contoh mikro dari logam dapat dilihat dari gambar berikut :



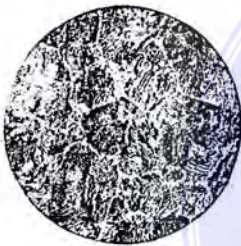
Gbr. Struktur Ferrite



Gbr. Struktur Ferrite & Pearlite



Gbr. Struktur Pearlite



Gbr. Struktur Cementite



Gbr. Struktur Copper

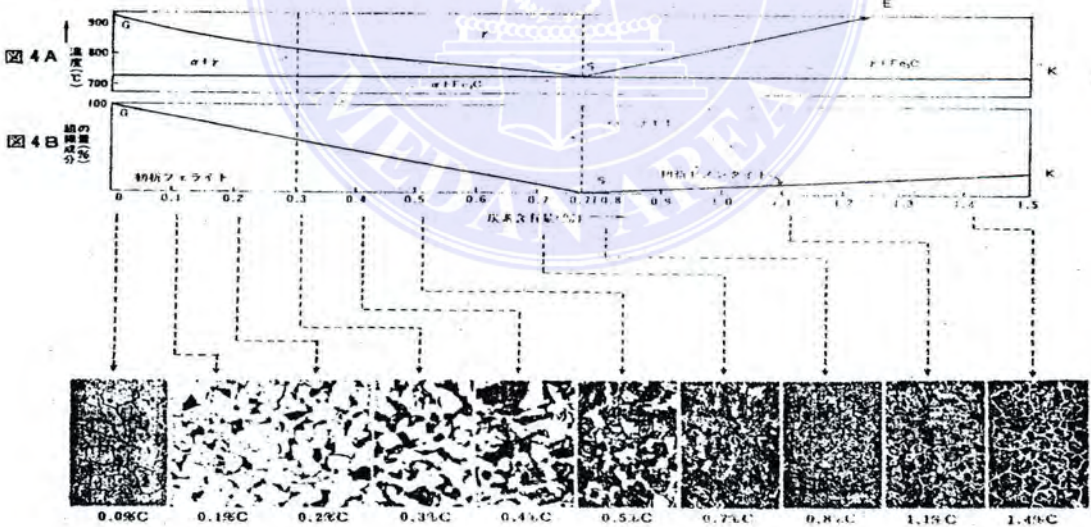
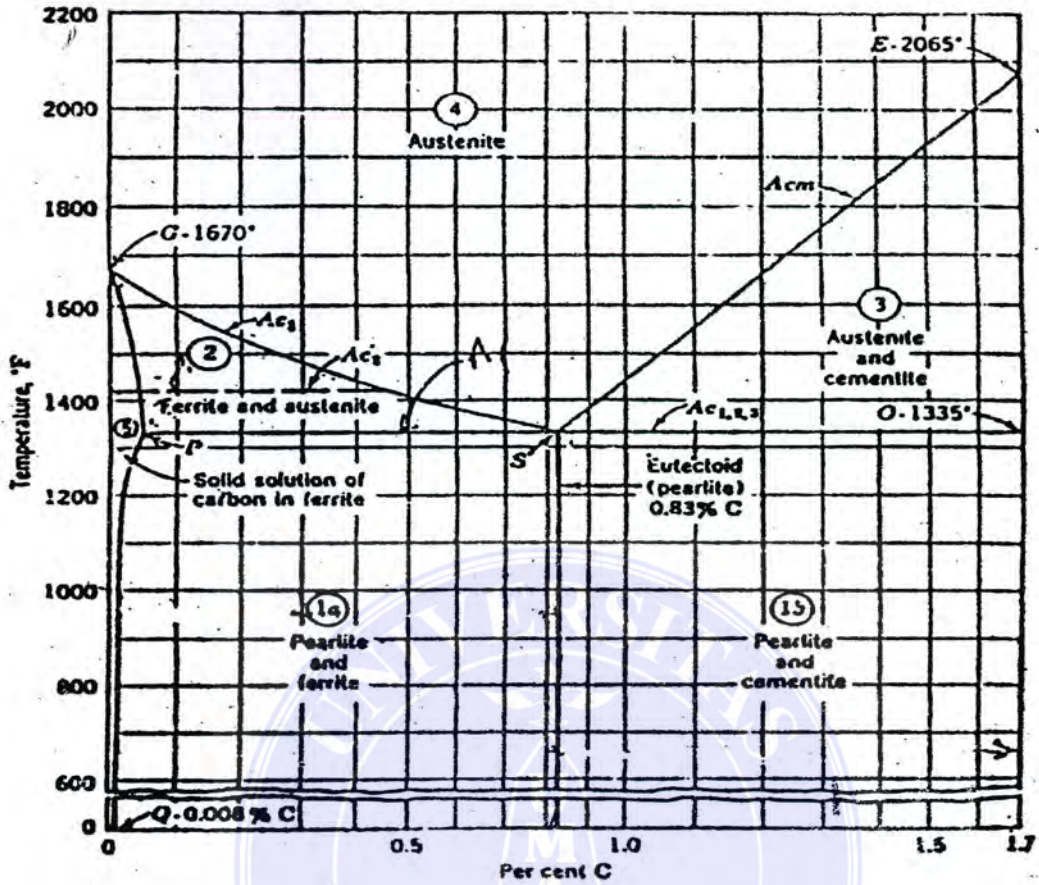


Gbr. Struktur Aluminium



Gbr. Struktur Brass

Gambar 2.21. Bentuk Struktur Mikro



Gambar 2.22. Mikro struktur berdasarkan Perbedaan komposisi

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan tempat pelaksanaan

3.1.1. Waktu

Penelitian dilaksanakan selama 5 (lima) hari yang dilaksanakan pada bulan Maret 2009.

3.1.2. Tempat pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Workshop mesin PPPPTK Medan dan di Laboratorium Material Test Pendidikan Teknologi Kimia Industri (PTKI) Medan.

3.2. Persiapan bahan dan Peralatan

3.2.1. Bahan

Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah yang diperoleh di pasaran (baja lunak) dengan kandungan karbon (0.05% - 0.30%). Pada persiapan las, bahan yang digunakan (dilas) berbentuk diameter sebanyak 9 (sembilan). Masing-masing spesimen terdiri dari 3 (tiga) dengan variable kuat arus 90 A, 110 A, 130 A.

3.2.1. Peralatan

Peralatan terdiri dari :

- a) Mesin las SMAW dengan merk Nantong Sanjiu Welding Mechine, voltase 78 volt, arus AC Acr Welder 60-300 Ah digunakan untuk mengelas baja karbon rendah.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

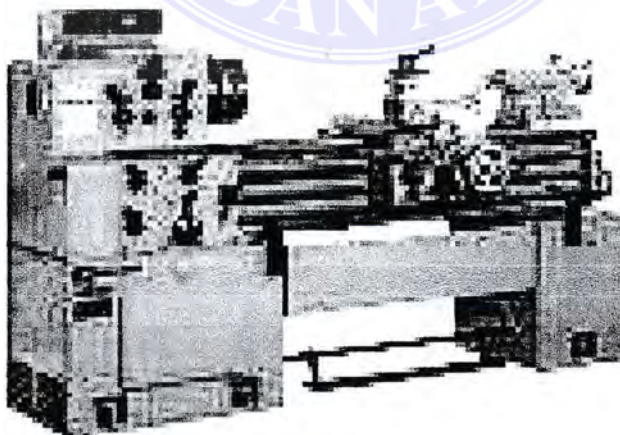
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/8/23



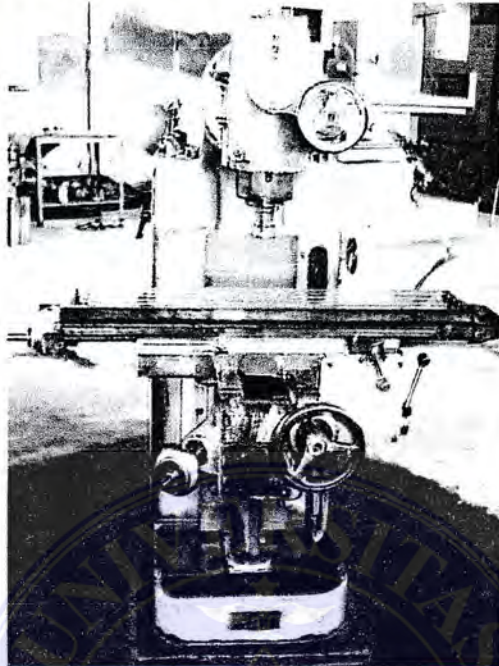
Gambar 3.1. Mesin las Nanton Sanjiu Welding Mechine

- b) Mesin Bubut konvensional dengan merk Newton C613 digunakan untuk membentuk benda uji tarik.



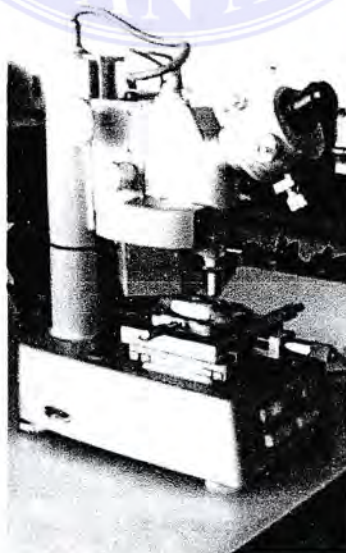
Gambar 3.2. Mesin bubut konvensional

- c) Mesin Frais konvensional digunakan untuk meratakan permukaan benda uji kekerasan dan struktur mikro.



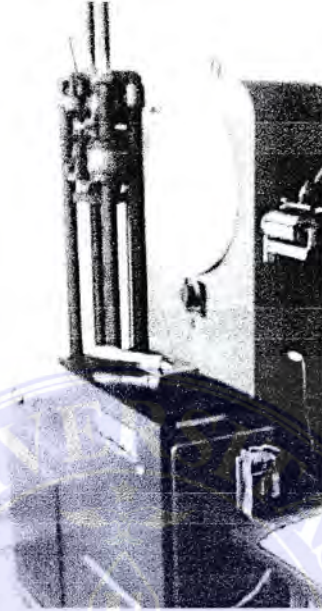
Gambar 3.3. Mesin Frais

- d) Mesin Uji kekerasan Vickers. Mesin uji kekerasan ini digunakan untuk memperoleh angka kekerasan pada daerah lasan, batas lasan, daerah logam induk dan logam induk yang tidak terkena lasan.



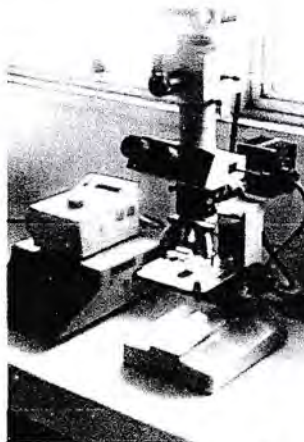
Gambar 3.4. Mesin uji kekerasan Vickers

- e) Mesin Uji tarik Universal, digunakan adalah mesin HT-9502 Computer
Hydrolik Universal Testing Mechine, Merk Hungta, kapasitas 20 ton,
digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik spesimen benda uji.



Gambar 3.5. Mesin Uji tarik HT-9502

- f) Mikroskop Optic, digunakan untuk melihat struktur mikro pada baja karbon rendah yang mengalami pengelasan (weld) dan pada daerah pengaruh panas (Haz),



Gambar 3.6. Mikroskop Optik

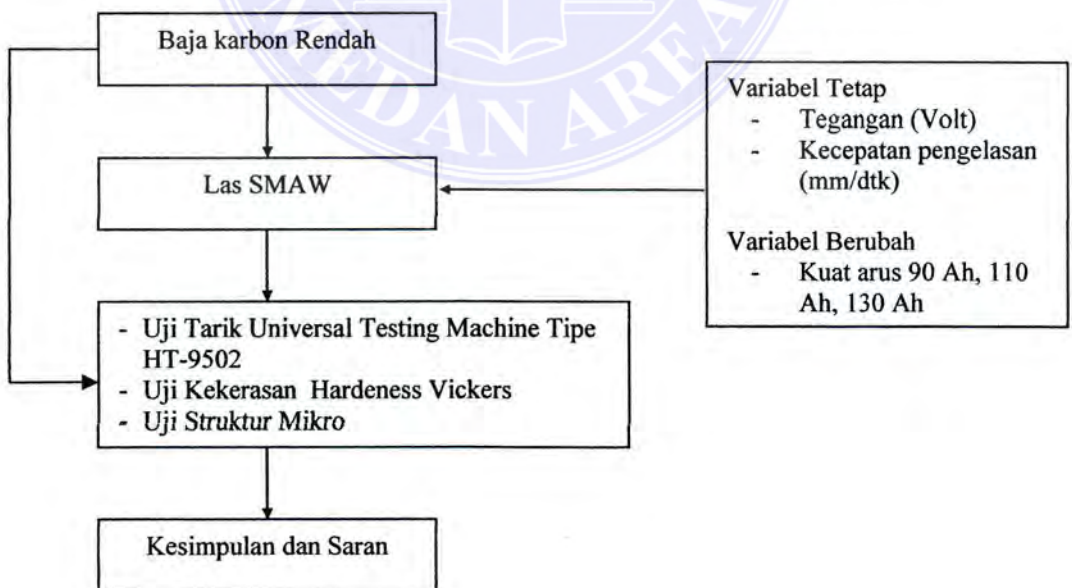
- g) Mesin Polishing digunakan untuk menggosok / polishing bahan uji metalografi.



Gambar 3.7. Mesin gerinda putar / polishing

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu ; tahap persiapan, proses Pengelasan, pengujian produk lasan, pengolahan dan analisis hasil pengujian.



Gambar 3.8. Diagram alir penelitian

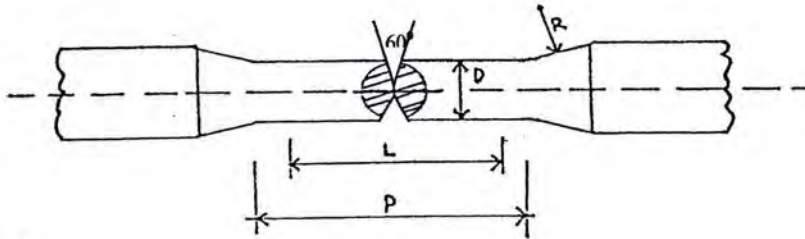
Proses Pengelasan

1. Bahan : Baja Karbon Rendah
2. Diameter spesimen : 8.0 mm
3. jenis arus listrik : AC, 2 Phasa
4. Jenis arus listrik Output : DC
5. Jenis Elektroda : E6014
6. Diameter elektroda : 2.5 mm
7. Kampuh yang dipakai : Kampuh X
8. Posisi pengelasan : Flat IG (mendatar)
9. Sudut Torch : 60⁰ (tetap)
10. Variasi arus pengelasan : Variable (90, 110, 130) ampere
11. Kecepatan Pengelasan : Tetap (12 mm/dtk)

Bahan sebelum dilas dibentuk terlebih dahulu. Bahan uji yang diuji adalah baja karbon rendah dengan komposisi karbon 0.05%-0.30% . spesimen dipotong pada mesin bubut dengan menggunakan pahat ulir. Pada saat pemotongan, spesimen harus diperhatikan agar tidak terputus, sisakan kira-kira 2 mm diameter tengahnya. Ini bertujuan agar dalam proses pengelasan benda kerja tetap simetris dan lurus.

Pada saat mengelas benda kerja, benda kerja tetap berada pada cekam mesin bubut dibantu dengan center putar agar benda kerja tetap lurus. Benda kerja dilas dengan cara memutar benda kerja yang diikat pada cekam mesin bubut sedangkan elektroda tetap diam, pengelasan diatur arusnya secara bergantian sesuai dengan besar arus spesimen yang diujikan.

Setelah benda kerja dilas, benda kerja dibentuk lagi pada mesin bubut. Untuk spesimen uji tarik, benda kerja dibentuk seperti pada gambar dibawah ini.



$$D = 8.0 \text{ mm}$$

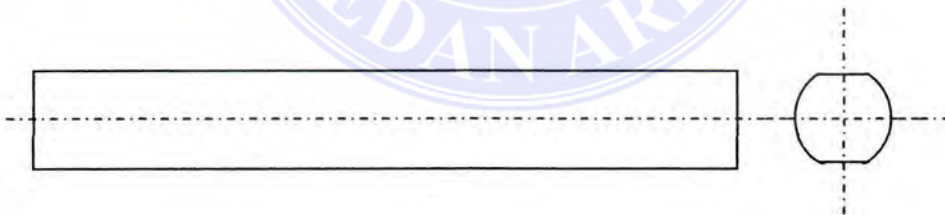
$$L = 38 \text{ mm}$$

$$P = 42 \text{ mm}$$

$$R = 15$$

Gambar 3.9. Spesimen Uji Tarik

Untuk spesimen benda uji kekerasan, benda uji dibubut rata hingga mencapai diameter 10 mm. Setelah spesimen di bubut rata, spesimen dipindahkan ke mesin Frais untuk pengerjaan lanjutan. Benda kerja di Frais rata seperti gambar berikut.



Gambar 3.10. Spesimen Uji Kekerasan dan struktur mikro

Spesimen masing-masing variable (90,110,130) berjumlah 3 buah. Arus pengelasan diatur berdasarkan variable pengujian.

BAB V

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Dari bab-bab yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh kuat arus pada las busur listrik elektroda terbungkus terhadap perubahan sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon rendah adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan data data hasil perhitungan nilai uji tarik terhadap logam lasan baja karbon rendah dengan kekuatan tarik logam induk (raw material) sebagai acuan, maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik logam lasan bertambah besar seiring dengan besarnya penambahan kuat arus yang diberikan. Dengan kata lain semakin besar arus yang diberikan maka kekuatan tarik semakin meningkat.
2. Dari data hasil pengujian kekerasan Vickers yang dilakukan, didapat bahwa untuk logam induk mempunyai nilai kekerasan rata-rata 189.10 kg/mm², ini menjadi pembanding untuk kekerasan logam lasan. Maka dapat disimpulkan bahwa tingkat kekerasan logam lasan semakin meningkat dengan semakin besarnya arus yang diberikan terhadap logam lasan.
3. Dari foto struktur mikro yang diambil, maka dapat disimpulkan bahwa struktur mikro yang terjadi pada sambungan las, sangat ditentukan oleh

- oleh temperature pemanasan pada saat pengelasan dan komposisi kimia logam induk dan logam pengisi serta proses pendinginan yang dilakukan.
4. Dengan memperhatikan diagram hasil perhitungan kekerasan Vickers logam las, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kuat arus pengelasan maka lebar daerah weld (pengelasan) akan semakin membesar.
 5. Dengan memperhatikan Tabel Pengelompokan Baja Konstruksi dan sifatnya (Bab II. Hal.5), maka didapat bahwa baja karbon rendah yang dipakai untuk pengujian ialah jenis ST.37 dengan kekuatan tarik 43.8 kgf/mm^2
 6. Dengan memperhatikan perubahan sifat mekanik dan struktur mikro bahan lasan, maka dapat disimpulkan bahwa besarnya arus pengelasan yang baik untuk baja karbon rendah adalah 130 A.

5.2. SARAN

Dalam kesempatan ini, penulis memberikan saran kepada semua pihak yang akan bergelut dibidang Weld, khususnya untuk pengelasan las busur listrik elektroda terbungkus sebagai berikut :

1. Pemilihan elektroda sebaiknya disesuaikan dengan kuat arus guna mendapatkan hasil lasan yang baik.
2. Diameter elektroda sangat tergantung pada tebalnya logam lasan, untuk itu pilih diameter elektroda yang sesuai dan pengaturan arus yang tepat.
3. Selalu utamakan keselamatan dalam bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, Oswald, & Miron, 1996, Teknologi Mekanik, Jilid I. Erlangga, Jakarta.
- Djaprie, 1987, Metalurgi Mekanik, Jilid I, Edisi III, Erlangga, Jakarta.
- Easterling, K. 1983, Introduction Of The Physical Metalurgi Of Welding, Butterworthsand co Publisher Ltd.
- Messler, R.W., 1999, Prinsip Of Welding, John Wiley & Sons Inc, New York, USA.
- Srianivasan, D. 1985, Welding Technology, Delhi, Khanna Publisher.
- Suharno, 2003, Analisis Laju Perambatan Retak pada Baja Jenis Cantilever Bean, Prosiding Seminar Nasional UI, Jakarta.
- Suharno, 2008, Prinsip-Prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan Logam, Lembaga Pengembangan Pendidikan (LPP) UNS, Surakarta.
- Tata Surdia, MS, Prof.Ir.Met.E & Shinroku Saito, Prof. DR, 2005, Pengetahuan Bahan teknik, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wiryosumarto, H. & Okumura, T. 2000, Teknologi Pengelasan Logam, Pradnya Paramita, Jakarta.
- www.welding.com.
- www.pengelasanlogam.co.id
- www.metlurgilogam.co.id
- www.weldingengineer.com